



# Проектування сучасних біо-полімерних композитів

## Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

### Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	<i>Перший (бакалаврський)</i>
Галузь знань	<i>6 Інженерія, виробництво та будівництво</i>
Спеціальність	<i>G1 Хімічні технології та інженерія</i>
Освітня програма	<i>Проектування сучасних біополімерних композитів</i>
Статус дисципліни	<i>Вибіркова</i>
Форма навчання	<i>очна(денна)</i>
Рік підготовки, семестр	<i>Третій курс, весняний семестр</i>
Обсяг дисципліни	<i>120 годин / 4 кредити ECTS</i>
Семестровий контроль/ контрольні заходи	<i>Залік/МКР/РГР</i>
Розклад занять	<a href="https://schedule.kpi.ua">https://schedule.kpi.ua</a>
Мова викладання	<i>Українська</i>
Інформація про керівника курсу / викладачів	Лектор: <i>д.т.н., доцент Миронюк Олексій Володимирович, <a href="mailto:o.myronyuk@kpi.ua">o.myronyuk@kpi.ua</a></i> Лабораторні роботи: <i>Асистент, Баклан Денис Віталійович <a href="mailto:d.baklan@kpi.ua">d.baklan@kpi.ua</a></i> <i>Асистент, Білоусова Анна Олегівна <a href="mailto:a.bilousova@kpi.ua">a.bilousova@kpi.ua</a></i> <i>Асистент, Кудрявцева Олександра Миколаївна</i>
Розміщення курсу	<i>Посилання надається викладачем на установчому занятті</i>

### Програма навчальної дисципліни

#### 1. Опис навчальної дисципліни, її мета, предмет вивчення та результати навчання

В рамках курсу розглядаються принципи проектування полімерних композиційних матеріалів з урахуванням актуальних вимог до їхніх функціональних, експлуатаційних та екологічних показників. Навчальний матеріал охоплює базові поняття біологічних і біосумісних матеріалів, основні класи біополімерів, їхні властивості, переваги, обмеження та характерні напрями застосування.

Особливу увагу приділено ролі функціональних добавок у керуванні властивостями композитів на етапах компаундування, переробки у виробу та подальшої експлуатації. Розкривається, як введення добавок у малих концентраціях впливає на структуру матеріалу та забезпечує необхідний рівень довговічності, біосумісності й експлуатаційної надійності, що є важливим для сучасних пластиків, покриттів, еластомерів і смарт-матеріалів.

Окремий блок курсу присвячено практичним підходам до формування рецептур біополімерних композитів і обґрунтованому добору компонентів для виробів різного призначення, зокрема для упаковки, споживчих товарів і медичних матеріалів.

*Узагальнюються критерії, за якими оцінюють кінцеві характеристики та визначають придатність матеріалу до конкретних умов використання.*

**Предмет освітньої компоненти:** проектування складу та структури біополімерних композитів і добір функціональних добавок для отримання потрібних властивостей матеріалу під конкретні умови використання.

**Метою** дисципліни є посилення фахових компетентностей:

**ФК02** Здатність використовувати методи спостереження, опису, ідентифікації, класифікації об'єктів хімічної технології та промислової продукції;

**ФК04** Здатність використовувати сучасні матеріали, технології і конструкції апаратів в хімічній інженерії;

**ФК10** Здатність розраховувати основні процеси в технологіях неорганічних і органічних зв'язуючих та композиційних матеріалів, проектувати структуру та склад композиційних і полімерних матеріалів для одержання необхідного рівня їх технічних та експлуатаційних властивостей;

та програмних результатів навчання:

**ПРН02.** Коректно використовувати у професійній діяльності термінологію та основні поняття хімії, хімічних технологій, процесів і обладнання виробництв хімічних речовин та матеріалів на їх основі.

**ПРН05.** Розробляти і реалізовувати проекти, що стосуються технологій та обладнання хімічних виробництв, беручи до уваги цілі, ресурси, наявні обмеження, соціальні та економічні аспекти та ризики.

**ПРН15.** Розробляти композиційні матеріали, виходячи з експлуатаційних вимог них, на основі різноманітних органічних та неорганічних сполук та проектувати технологічні лінії їх виробництва

## 2. Пререквізити та постреквізити дисципліни (місце в структурно-логічній схемі навчання за відповідною освітньою програмою)

*Перелік дисциплін, володіння якими необхідні здобувачу вищої освіти для успішного засвоєння дисципліни:*

Загальна та неорганічна хімія	Основні поняття і закони хімії. Будова атома. Періодичний закон. Хімічний зв'язок та будова молекул. Окисно-відновні реакції. Теорія комплексних сполук.
Органічна хімія	Теорія хімічної будови і реакційної здатності органічних сполук. Аліфатичні, аліциклічні та ароматичні вуглеводні. Галоген-, гідроксидні, сульфур- та оксидні сполуки. Нітрогенні та карбонові кислоти. Інші класи органічних сполук.
Фізична хімія	Основних фізико-хімічних властивостей систем, що містять різну кількість складових речовин; діаграм стану різнокомпонентних систем; класифікації та загальних властивостей розчинів; способів вираження складу дво- та трикомпонентних систем;

## 3. Зміст навчальної дисципліни

### Тема 1. Вступ до проектування полімерних композицій

Базові принципи проектування полімерних композиційних матеріалів: компонентний склад, структура проектування, вибір цільових властивостей, використання технічних листів, патентів, стандартів і наукових джерел. Інтумесцентні покриття, логіка лабораторного циклу створення композиції.

## **Тема 2. Біополімери і біокомпозити: основні поняття**

Основні поняття біополімерів, біоосновних і біорозкладних матеріалів. Розглядаються біополімери, отримані з біомаси, полімери мікробного синтезу, полімери з біомономерів, синтетичні біорозкладні поліестери, а також ринок біопластиків і параметри добору полімерних матеріалів.

## **Тема 3. Фізико-хімічні основи сумісності компонентів**

Фізико-хімічні основи сумісності компонентів полімерних композицій. Пластифікація, ефективність пластифікаторів, теорії пластифікації та класифікація пластифікаторів. Термодинамічні теорії сумісності, критерій Хансена та вплив сумісності на властивості полімерних систем.

## **Тема 4. Наповнювачі полімерних композицій**

Характеристика наповнювачів і їхню роль у полімерних композиціях. Класи наповнювачів, розмір частинок, питома поверхня, розподіл частинок за розмірами, активність поверхні та структуроутворення. Міжфазна взаємодія, адгезія, механіка композитів, розрахункові моделі та прогнозування властивостей.

## **Тема 5. Реологічні властивості та реологічні добавки**

Основні реологічні параметри полімерних композицій, типи реологічної поведінки, межа текучості, тиксотропія та реоексія. Методи визначення реологічних властивостей, модифікатори реології, аналітичні моделі в'язкості та добавки для регулювання в'язкості.

## **Тема 6. Процесінгові добавки та стабілізація при переробці**

Процесінгові добавки, які забезпечують технологічність полімерних композицій під час переробки. Механізми дії, їхні основні функції та класифікація.

## **Тема 7. Пігменти та барвники в полімерних композиціях**

Теоретичні основи формування кольору в полімерних композиціях, класифікація пігментів і барвників, основи колориметрії, експлуатаційні властивості й контроль кольору матеріалів.

## **Тема 8. Пігменти та барвники в полімерних композиціях**

Структура, оптичні властивості, поверхневі властивості, взаємодія з полімерною матрицею, технологія отримання та застосування  $TiO_2$ . Будова, морфологія, поверхневі властивості, методи отримання, функціональні властивості та застосування технічного вуглецю в полімерних композиціях.

## **Тема 9. Спеціальні добавки для функціональної стійкості**

Спеціальні добавки, які підвищують функціональну стійкість полімерних матеріалів. Антипірени, їхня класифікація, механізми дії та вплив на властивості матеріалів. Механізми фотодеструкції полімерів і типи світлостабілізаторів. Біоцидні добавки, вимоги до них у полімерних системах і механізми біоцидної дії.

## **Тема 10. Міжфазна взаємодія та стабілізація структури композитів**

Добавки та підходи, пов'язані з міжфазною взаємодією, морфологією та стабілізацією структури композитів. Модифікатори ударної в'язкості, механізми підвищення ударної стійкості, роль морфології, міжфазної адгезії та сумісності компонентів. Основи диспергування, міжчастинкові взаємодії, роль диспергаторів і механізми запобігання флокуляції.

## **Тема 11. Європейське регулювання біополімерів і біоосновних добавок**

Нормативний та регуляторний контексту використання біополімерів і біоосновних добавок у Європейському Союзі. Загальна архітектура європейського регулювання біоосновних пластиків, рамкова політика ЄС щодо біопластиків, біорозкладних і

компостувальних матеріалів, Регламент ЄС щодо упаковки та відходів упаковки, Директива ЄС щодо зменшення впливу певних виробів із пластику на довкілля.

#### 4. Навчальні матеріали та ресурси

Навчальні матеріали, зазначені нижче, доступні у бібліотеці університету та на сторінці курсу в G-Suite. Обов'язковою до вивчення є базова література, інші матеріали – факультативні. Розділи та теми, з якими студент має ознайомитись самостійно, викладач зазначає на лекційних та практичних заняттях.

##### Базова

1. M. Subramanian *Plastics Additives and Testing* – Wiley: Scrivener, 2013.- 228 p.
2. *Plastic Additives: Chemical Reference Standards Accu Standard*, 2007. – 40 p.
3. Ernest W. Flick *Plastics Additives: An Industrial Guide*. Noyes Publications, William Andrew Publishing, New York 2002. – 745 P.
4. Inamuddin *Green Polymer Composites Technology: Properties and Applications*; CRC Press, 2016;
5. Kabasci S., Stevens C. (eds.) *Bio-Based Plastics: Materials and Applications* Wiley, 2014. – 388 p. (Wiley series in renewable resources)

##### Допоміжна

1. Choo V.K. *Fundamentals of composite materials*. – Delavere:Knowen academic press, inc., 1990. – 313 p.
2. Voet V., Jager J., Folkersma R. *Plastics in the Circular Economy* De Gruyter, 2021. — 301 p. — ISBN 978-3-11-066675-5.
3. Iannace S., Park C.B. (Eds.) *Biofoams: Science and Applications of Bio-Based Cellular and Porous Materials* CRC Press, 2016. — 456 p.

### Навчальний контент

**5. Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)** Вичитування лекцій з дисципліни проводиться паралельно з виконанням студентами лабораторних робіт та розглядом ними питань, що виносяться на самостійну роботу. При читанні лекцій застосовуються засоби для відеоконференцій (Google Meet, Zoom тощо) та ілюстративний матеріал у вигляді презентацій, які розміщені на платформі Sikorsky-distance. Після кожної лекції рекомендується ознайомитись з матеріалами, рекомендованими для самостійного вивчення, а перед наступною лекцією – повторити матеріал попередньої.

№	Опис заняття
1	<b>Вступна лекція. Принципи проєктування полімерних композицій.</b> Місце курсу в Освітній програмі підготовки бакалаврів за напрямом «Хімічні технології». Мета, результати навчання, силабус, формат занять, види контролю та система оцінювання курсу. Принципи проєктування полімерних композицій. Компонентний склад сучасних композитів. Формування цільових властивостей матеріалів. Використання технічних листів, патентного аналізу та стандартів. Лабораторний цикл створення композицій. Методичні підходи до формування рецептур. <b>Обговорення.</b>

2	<b>Основи та класифікація біополімерів.</b> Класифікація біополімерів за походженням і способом отримання. Поняття біоосновності та біорозкладності, їх відмінності та методи оцінювання. Властивості основних класів біополімерів і їх застосування у сучасних матеріалах.
3	<b>Пластифікатори та пластифікація.</b> Пластифікація полімерів як фізико-хімічне явище. Типи пластифікуючої дії. Теоретичні підходи до опису процесу пластифікації. Класифікація пластифікаторів. Принципи вибору пластифікаторів для різних полімерних систем.
4	<b>Вступ до термодинамічних теорій розчинності.</b> Термодинамічні основи сумісності компонентів полімерних систем. Еволюція теорій розчинності. Параметри розчинності та критерії сумісності. Вплив сумісності на властивості полімерних композицій.
5	<b>Ключові характеристики наповнювачів.</b> Характеристики наповнювачів: розмір частинок, питома поверхня, розподіл за розмірами. Поверхнева активність наповнювачів. Формування структури композицій за участю наповнювачів. Оцінювання ефективності наповнювачів.
6	<b>Класи наповнювачів.</b> Класифікація наповнювачів за морфологією та функціональним призначенням. Дисперсні, пластинчасті та волокнисті наповнювачі. Вплив типу наповнювача на властивості полімерних композицій.
7	<b>Армування полімерів наповнювачами.</b> Армування полімерів як спосіб підвищення механічних властивостей. Міжфазна взаємодія у композиційних матеріалах. Орієнтація та розподіл волокон. Основи розрахунку міцності композитів.
8	<b>Реологічні добавки.</b> Реологічні властивості полімерних систем. Типи реологічної поведінки. Явища тиксотропії та реопексії. Методи визначення реологічних характеристик. Класифікація реологічних добавок. Регулювання в'язкості композицій. <b>Обговорення результатів модульної контрольної роботи 1</b>
9	<b>Процесінгові добавки.</b> Процесінгові добавки в полімерних системах. Механізми дії та функції. Класифікація процесінгових добавок. Забезпечення технологічності та стабільності переробки полімерів.
10	<b>Пігменти і барвеніки.</b> Формування кольору в полімерних матеріалах. Класифікація пігментів і барвеніків. Колориметричні характеристики. Методи кількісного опису кольору та контроль кольорових параметрів.
11	<b>Двоокис титану.</b> Діоксид титану як пігмент. Структура та оптичні властивості. Поверхневі властивості та взаємодія з полімерною матрицею. Технологічні аспекти застосування.
12	<b>Технічний вуглець.</b> Будова та морфологія. Поверхневі властивості. Взаємодія з полімерною матрицею. Функціональні властивості та області застосування.
13	<b>Антипірени.</b> Антипірени в полімерних композиціях. Класифікація та механізми дії. Способи введення у систему. Вплив на вогнестійкість і експлуатаційні характеристики матеріалів.
14	<b>Ультрафіолетові стабілізатори.</b> Фотодеструкція полімерів. Світлостабілізатори: класифікація та механізми дії. Захист полімерних матеріалів від ультрафіолетового випромінювання. Вибір стабілізаторів залежно від умов експлуатації. <b>Обговорення результатів модульної контрольної роботи 2</b>

15	<b>Біоциди.</b> Біоцидні добавки в полімерних матеріалах. Призначення та класифікація. Механізми дії. Вимоги до ефективності та безпечності застосування.
16	<b>Модифікатори ударної в'язкості.</b> Модифікація ударної в'язкості полімерів. Класифікація модифікаторів. Механізми підвищення ударної міцності. Вплив морфології та міжфазної взаємодії на властивості.
17	<b>Диспергатори.</b> Процес диспергування в полімерних системах. Стадії формування дисперсій. Міжчастинкові взаємодії. Механізми стабілізації дисперсних систем. Роль диспергаторів у запобіганні агрегації.
18	<b>Європейське регулювання біополімерів і біосировинних добавок. Підсумкове заняття.</b> Регуляторна політика ЄС у сфері біополімерів. Основні нормативні документи та їх структура. Вимоги до матеріалів і добавок. Оцінювання екологічної доцільності та життєвого циклу матеріалів. <b>Обговорення</b> ключових понять і практичних кейсів, змісту курсу, актуальних проблем і сучасних тенденцій у застосуванні функціональних добавок до полімерів і біополімерів. Узагальнення та систематизація вивченого матеріалу. Відповіді на запитання. Підготовка до заліку з освітньої компоненти.

#### Лабораторні роботи

Метою циклу лабораторних робіт є одержання досвіду та навичок використання методів для дослідження складу полімерних матеріалів та властивостей відповідних композицій.

№	Опис заняття
1	<b>Вступне заняття.</b> Опис курсу лабораторних робіт. Організація та вимоги до виконання. <b>Обговорення.</b> Основні питання: Розгляд загальних принципів виконання лабораторних робіт, вимог до оформлення результатів і критеріїв оцінювання. Узгодження підходів до підготовки зразків та фіксації спостережень/вимірювань.
2	<b>Лабораторна робота 1. Вплив функціональних добавок на властивості полімерних матеріалів.</b> Основні питання: Дослідження як введення функціональних добавок змінює поведінку матеріалу та окремі показники його властивостей. Порівняння серій зразків за різних умов/складів для встановлення загальних тенденцій.
3	<b>Модульна контрольна робота 1</b>
4	<b>Лабораторна робота 2. Оцінювання сумісності компонентів полімерних систем.</b> Основні питання: Вивчення взаємодії компонентів у системі та їх проявів під час формування зразків. Оцінка стабільності та однорідності системи за узагальненими експериментальними критеріями.
5	<b>Лабораторна робота 3. Дослідження властивостей дисперсних компонентів та їх впливу на композиції.</b> Основні питання: Аналіз характеристик дисперсних компонентів та їхнього впливу на поведінку композитних матеріалів. Встановлення зв'язку між властивостями компонентів і змінами в системі.

6	<b>Модульна контрольна робота 2</b>
7	<b>Лабораторна робота 4. Модифікація та дослідження поверхневих властивостей дисперсних матеріалів.</b> Основні питання: Розгляд підходів до зміни поверхневих характеристик дисперсних матеріалів та оцінювання результативності модифікації. Вивчення того, як поверхневі зміни відображаються на взаємодії компонентів у композиції.
8	<b>Лабораторна робота 5. Формування структури полімерних матеріалів за участю функціональних добавок.</b> Основні питання: Дослідження впливу добавок на процеси формування структури матеріалу під час отримання та/або подальшої обробки зразків. Порівняння структурних проявів і пов'язаних з ними змін властивостей за різних умов.
9	<b>Лабораторна робота 6. Дослідження властивостей біополімерних матеріалів та підходів до їх модифікації.</b> Основні питання: Оцінка базових властивостей біополімерних матеріалів. Розгляд загальних підходів до модифікації біополімерів та порівняння отриманих ефектів за узагальненими показниками.

## 6. Самостійна робота здобувача вищої освіти

Самостійна робота студента (СРС) протягом семестру включає повторення лекційного матеріалу, підготовка реферату, підготовка до захисту практичних завдань, підготовка до заліку. Рекомендована кількість годин, яка відводиться на підготовку до зазначених видів робіт:

Вид СРС	Кількість годин на підготовку
Підготовка до аудиторних занять: опрацювання протоколів лабораторних робіт	28 годин
Підготовка до МКР (повторення матеріалу)	8 годин
Підготовка до Заліку	6 годин
Виконання РГР	6 годин
<b>Всього</b>	<b>48</b>

## Політика та контроль

### 7. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

У звичайному режимі роботи Університету лекції, практичні та лабораторні роботи проводяться в навчальних аудиторіях. У змішаному режимі лекційні заняття проводяться через платформу дистанційного навчання Сікорський, лабораторні роботи – у лабораторіях навчального корпусу. У дистанційному режимі всі заняття проводяться через платформу дистанційного навчання Сікорський. Відвідування лекційних, практичних та лабораторних занять є обов'язковим.

#### Правила захисту лабораторних робіт:

1. До захисту допускаються студенти, які правильно виконали лабораторні роботи.
2. Захист відбувається за графіком, зазначеним у п.5 за індивідуальними завданнями.
3. Після перевірки завдання викладачем на захист виставляється загальна оцінка і робота вважається захищеною.

#### Правила призначення заохочувальних та штрафних балів:

1. За модернізацію робіт нараховується від 1 до 6 заохочувальних балів;

2. За активну роботу на лекції нараховується до 0,5 заохочувальних балів (але не більше 10 балів на семестр).

Політика дедлайнів та перескладань: якщо студент не проходив або не з'явиться на МКР (без поважної причини), його результат оцінюється у 0 балів. Перескладання результатів МКР не передбачено;

Політика щодо академічної доброчесності: Кодекс честі Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут» <https://kpi.ua/files/honorcode.pdf> встановлює загальні моральні принципи, правила етичної поведінки осіб та передбачає політику академічної доброчесності для осіб, що працюють і навчаються в університеті, якими вони мають керуватись у своїй діяльності, в тому числі при вивченні та складанні контрольних заходів з дисципліни «Моделювання електромеханічних систем»;

При використанні цифрових засобів зв'язку з викладачем (мобільний зв'язок, електронна пошта, переписка на форумах та у соцмережах тощо) необхідно дотримуватись загальноприйнятих етичних норм, зокрема бути ввічливим та обмежувати спілкування робочим часом викладача.

**8. Види контролю та рейтингова система оцінювання результатів навчання (PCO)** Види контролю встановлюються відповідно до Положення про поточний, календарний та семестровий контроль результатів навчання в КПІ ім. Ігоря Сікорського:

1. Поточний контроль: захист лабораторних робіт, МКР, домашня контрольна робота.
2. Календарний контроль: проводиться двічі на семестр як моніторинг поточного стану виконання вимог силабусу.
3. Семестровий контроль: Залік
4. Умови допуску до семестрового контролю: семестровий рейтинг більше 60 балів.
5. Таблиця відповідності рейтингових балів оцінкам за університетською шкалою:

Кількість балів	Оцінка
100-95	Відмінно
94-85	Дуже добре
84-75	Добре
74-65	Задовільно
64-60	Достатньо
Менше 60	Незадовільно
Не виконані умови допуску	Не допущено

### **Рейтингова система оцінювання результатів навчання**

Рейтинг студента з освітньої компоненти складається з балів, що він отримує за:

1. Виконання та захист лабораторних робіт (ЛР),
2. Написання модульних контрольних робіт (МКР) та проходження опитувань.
3. Виконання домашньої контрольної роботи (ДКР)

Лабораторні заняття	РГР	МКР 1	МКР 2	Додаткові бали
42	8	25	25	10

Ваговий бал – 7 балів. Максимальна кількість балів за всі лабораторні роботи дорівнює 7 балів x 6 лабораторних робіт = 42 балів. Критерії оцінювання лабораторних робіт передбачається в два етапи:

1. Виконання лабораторної роботи – 1 бал; Оформлення протоколу – 4 бали:
  - Правильність обробки даних та достовірність одержаного результату – 2 бали.
  - Охайність протоколу, оформлення відповідно до вимог, завантаження в Google Classroom – 1 бал
  - Правильно написані висновки – 1 бал

2. Захист лабораторної роботи (відповідь на 2 питання за змістом): 2 або 0 балів за правильну та неправильну відповіді).

Для допуску до захисту здобувач освіти зобов'язаний подати до Google Classroom належним чином оформлені протоколи виконаних лабораторних робіт. У разі відсутності протоколу лабораторної роботи захист здійснюється виключно в усній формі у форматі співбесіди. У випадку пропуску лабораторної роботи здобувач освіти має право виконати її відпрацювання та подати протокол, або пройти усне опитування за змістом протоколу у форматі співбесіди.

### Модульний контроль

Передбачається дві контрольні роботи.

Ваговий бал першої контрольної дорівнює 25 балів.

За відповіді на питання максимально можна одержати 15 балів

За співбесіду, яка складається з двох уточнюючих питань – 10 балів (по 5 балів за кожне). Повна і вичерпна відповідь – 5 балів

Неточна, але в цілому правильна відповідь – 3-4 бали

Схематична відповідь – 1-2 бали

Немає відповіді або неправильна відповідь – 0 балів

Ваговий бал другої контрольної дорівнює 25 балів.

За відповіді на питання максимально можна одержати 15 балів

За співбесіду, ка складається з двох уточнюючих питань – 10 балів (по 5 балів за кожне). Повна і вичерпна відповідь – 5 балів

Неточна, але в цілому правильна відповідь – 3-4 бали

Схематична відповідь – 1-2 бали

Немає відповіді або неправильна відповідь – 0 балів

### Розрахунково-графічна

робота Ваговий бал РГР дорівнює 8 балів.

За роботу максимально можна одержати 4 балів

Захист РГР (відповідь на 4 питання за змістом): 1 або 0 балів за правильну та неправильну відповіді).

Загальна сума балів, яку студент одержує за ці види робіт розраховується по завершенню курсу як сума балів з вищенаведених пунктів. У випадку, якщо ця сума становить менше 60 балів – студент не допускається до здачі заліку. У випадку якщо кількість балів знаходиться в межах від 60 до 100 – студентові пропонується одержати залік «автоматом» із відповідною оцінкою. В цьому випадку студент самостійно приймає рішення про доцільність одержання оцінки «автоматом» або складання заліку.

Загальний рейтинг розраховується виходячи з рівняння:

$$R = r_{\text{лаб}} + r_{\text{мкр1}} + r_{\text{мкр2}} + r_{\text{РГР}} = 42 + 25 + 25 + 8 = 100$$

### **9. Додаткова інформація з дисципліни (освітнього компонента)**

Вимоги до оформлення рефератів, перелік контрольних питань до МКР та заліку наведені у Google Classroom «Проектування сучасних біополімерних композитів» (платформа Sikorsky-distance).

#### **Робочу програму освітнього компонента (силабус):**

**Складено** асистентом кафедри ХТКМ, Білоусовою А.О. та завідувачем кафедри хімічної технології композиційних матеріалів д.т.н., доц. Миронюк О.В.

**Ухвалено кафедрою ХТКМ (протокол № 19 від 27.06.2025 )**

**Погоджено методичною комісією факультету (протокол № 10 від 26.06.2025)**